

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-257932

(43)Date of publication of application : 21.09.2001

(51)Int.Cl.

H04N 5/232

G02B 3/14

G02B 7/36

H04N 5/225

H04N 5/262

H04N 13/02

(21)Application number : 2000-065038

(71)Applicant : DENSO CORP

(22)Date of filing : 09.03.2000

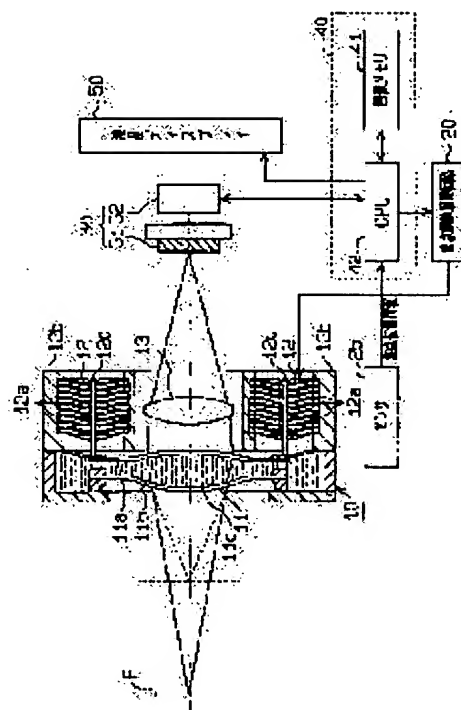
(72)Inventor : KANEKO TAKU  
KAWAHARA NOBUAKI

## (54) IMAGE PICKUP DEVICE

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve accuracy in image processing without complicating configuration.

SOLUTION: A full focus image pickup device has a high-speed focus control mechanism 10, focus control driving circuit 20 for driving that mechanism, image pickup means 30, microcomputer 40 and liquid crystal display 50. The high-speed focus control mechanism 10 is provided with a variable focus lens 11 capable of varying a focal position corresponding to an observation object and a piezoelectric actuator 12 for changing that focal position. The focal position of the variable focus lens 11 is detected by a sensor 25. Among plural image signals, the most focused image signal is decided for each pixel by a CPU 42 inside the microcomputer 40, one full focus image is generated, and three-dimensional map data are generated on the basis of distance information to the observation object. At such a time, concerning image data stored in an image memory 41, the CPU 42 corrects the magnification change or optical aberration of image caused by an optical image pickup system.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

## JP2001257932

Publication Title:

IMAGE PICKUP DEVICE

Abstract:

Abstract of JP2001257932

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve accuracy in image processing without complicating configuration. **SOLUTION:** A full focus image pickup device has a high-speed focus control mechanism 10, focus control driving circuit 20 for driving that mechanism, image pickup means 30, microcomputer 40 and liquid crystal display 50. The high-speed focus control mechanism 10 is provided with a variable focus lens 11 capable of varying a focal position corresponding to an observation object and a piezoelectric actuator 12 for changing that focal position. The focal position of the variable focus lens 11 is detected by a sensor 25. Among plural image signals, the most focused image signal is decided for each pixel by a CPU 42 inside the microcomputer 40, one full focus image is generated, and three-dimensional map data are generated on the basis of distance information to the observation object. At such a time, concerning image data stored in an image memory 41, the CPU 42 corrects the magnification change or optical aberration of image caused by an optical image pickup system.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

-----

Courtesy of <http://v3.espacenet.com>

(19)日本国特許庁 (J P)

## (12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-257932

(P2001-257932A)

(43)公開日 平成13年9月21日(2001.9.21)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード(参考)		
H 0 4 N	5/232	H 0 4 N	5/232	Z	2 H 0 5 1
G 0 2 B	3/14	C 0 2 B	3/14		5 C 0 2 2
	7/36	H 0 4 N	5/225	Z	5 C 0 2 3
H 0 4 N	5/225			D	5 C 0 6 1
			5/262		

5/262

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-65038(P2000-65038)

(22)出願日 平成12年3月9日(2000.3.9)

(71)出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72)発明者 金子 卓

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
社デンソー内

(72)発明者 川原 伸章

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
社デンソー内

(74)代理人 100068755

弁理士 恩田 博宣 (外1名)

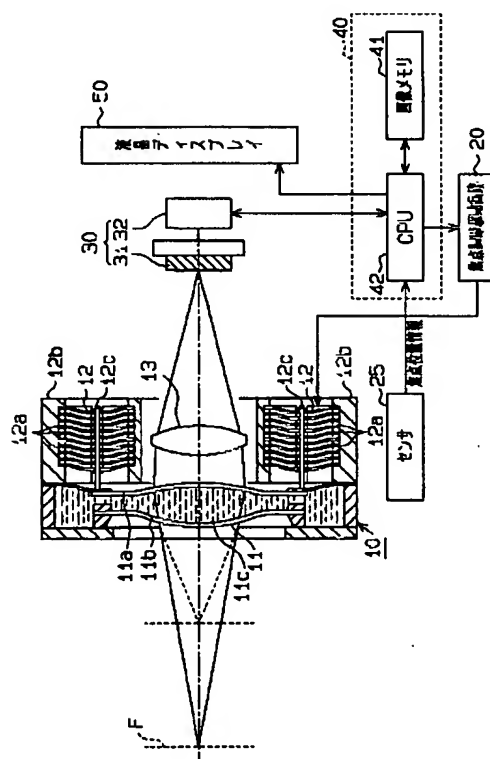
最終頁に続く

## (54)【発明の名称】 撮像装置

## (57)【要約】

【課題】構成の煩雑化を招くことなく、画像処理の精度を向上させる。

【解決手段】全焦点撮像装置は、高速焦点調節機構10と、それを駆動する焦点調節駆動回路20と、撮像手段30と、マイコン40と、液晶ディスプレイ50とを有する。高速焦点調節機構10は、観察対象物に対する焦点位置が可変である可変焦点レンズ11と、その焦点位置を変更する圧電アクチュエータ12とを備える。圧電アクチュエータ12の駆動時、可変焦点レンズ11の焦点位置はセンサ25により検出される。マイコン40内のCPU42は、複数枚分の画像信号のうち最も焦点が合っているものを画素毎に判定し一枚の全焦点画像を生成すると共に、観察対象物までの距離情報に基づいて3次元マップデータを生成する。このとき、CPU42は、画像メモリ41に格納された画像データについて、撮像光学系に起因する画像の倍率変化や光学的な収差の補正を行う。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】観察対象に対する焦点位置が可変である可変焦点レンズと、

該可変焦点レンズの焦点位置を高速で変更するアクチュエータと、

可変焦点レンズを通して結像した実像を画素毎の画像信号として出力する撮像手段と、

焦点位置の変更に伴って得られる複数枚分の画像信号を格納可能な画像メモリと、

前記複数枚の画像信号のうち最も焦点が合っているものを画素毎に判定しこの観察対象の各部に焦点が合った一枚の全焦点画像と、観察対象の立体形状を示す一つの立体数値モデルとのうち、少なくとも何れか一方を生成する画像処理手段と、を備える撮像装置において、

前記アクチュエータにより変更される可変焦点レンズの焦点位置を検出するための検出手段と、

該検出した可変焦点レンズの焦点位置に基づき、前記複数枚の画像信号を個々に補正する補正手段とを設けたことを特徴とする撮像装置。

【請求項2】前記補正手段は、画像信号の各画素が持つ座標に可変焦点レンズの倍率の逆数をかけることにより画像信号を補正する請求項1に記載の撮像装置。

【請求項3】前記補正手段は、可変焦点レンズの光学特性の変化に伴う収差を予め定量化しておき、該定量化したデータに基づいて画像信号を補正する請求項1又は2に記載の撮像装置。

【請求項4】前記可変焦点レンズは、表裏の差圧によって曲率が可変な透明弾性膜を有し、この透明弾性膜によって形成される内部空間に透明液体が封入されてなる液封レンズである一方、前記アクチュエータは、可変焦点レンズに一体化され、駆動電圧の印加に伴い前記透明液体に圧力を加える圧電アクチュエータである請求項1～3の何れかに記載の撮像装置。

【請求項5】請求項4に記載の撮像装置において、前記検出手段は、前記アクチュエータに印加される駆動電圧を計測する電圧センサであり、前記補正手段は、電圧センサの計測値に基づいて画像信号を補正する撮像装置。

【請求項6】請求項4に記載の撮像装置において、前記検出手段は、前記アクチュエータの電荷の注入量及び放電量を計測する電荷量センサであり、前記補正手段は、電荷量センサの測定値に基づいて画像信号を補正する撮像装置。

【請求項7】請求項4に記載の撮像装置において、前記検出手段は、前記アクチュエータの変位量を直接計測する変位センサであり、前記補正手段は、変位センサの測定値に基づいて画像信号を補正する撮像装置。

【請求項8】前記画像処理手段は、焦点位置の異なる複数枚分の画像信号を撮像手段より取り込むためのロジックと、

可変焦点レンズの焦点位置に基づき、前記複数枚の画像信号を個々に補正するためのロジックと、

補正後の画像信号から焦点の合っている画素を抽出すると共に、その画素が存在する画像信号から観察対象までの距離情報を演算するためのロジックと、

前記抽出した焦点の合っている画素から全焦点画像データを再構築するためのロジックと、

前記演算した距離情報から立体数値モデルを生成するためのロジックと、を有する請求項1に記載の撮像装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光学顕微鏡、電子顕微鏡、光学望遠鏡、電子カメラなどの撮像装置の技術分野に属し、特に合焦点技術を改善するための撮像装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】この種の従来技術としては、本願出願人により出願済みの特開平9-230252号公報の「カメラ装置」が知られており、同公報では、焦点位置を高速で移動して被写界深度の深い像を得る技術が開示されている。このカメラ装置は、観察対象に対する焦点位置（レンズから合焦点面までの距離、本明細書では焦点距離とも言う）を高速で往復させつつ画像をリアルタイムで表示し、焦点の合った輪郭が鮮明な部分だけが網膜残像として視認されることを利用している。同技術は、生理的な残像現象を巧妙に利用して観察対象の全体に渡って焦点が合った画像をリアルタイムで観察者に視認させることができるので、観察対象に動きがある場合などにも好適な撮像技術であった。

【0003】また、本願出願人は、上記カメラ装置の技術を適用した「全焦点撮像装置」として、特願平11-300467号を出願している。この特願平11-300467号では、画像処理技術を用いることにより、観察対象の全ての部分について焦点が合った完全な全焦点画像をリアルタイム或いは準リアルタイムで得る技術を提案している。特に同装置では、焦点が合っていないばやけた画像が網膜に結像されてしまい、それ故に完全な全焦点画像が得られず視覚上でもややばやけた感じがする、といったそれまでの問題を解消するようにしていた。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記特開平9-230252号公報で開示された可変焦点レンズを用いる場合を含め、撮像レンズなどの光学特性を変化させて焦点距離を変化させる場合、観察物と撮像素子上の像との倍率が焦点距離によって変化するため、観察物上の同一点が撮像素子から出力される画像データの同一座標に位置しないといった問題があった。更に、光学特性の変化による収差の発生などにより、画像が湾曲したりするといった問題があった。全焦点画像や3次元マ

ップの精度を向上するためには、焦点距離によって倍率が変化することのないテレセントリックレンズ系が必要となるが、このテレセントリックレンズは非常に大型で且つ高価であるといった問題があった。

【0005】本発明は、上記問題に着目してなされたものであって、その目的とするところは、構成の煩雑化を招くことなく、画像処理の精度を向上させることができる撮像装置を提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の撮像装置では、可変焦点レンズは観察対象に対する焦点位置が可変であり、アクチュエータによりその焦点位置が高速で変更される。撮像手段は、可変焦点レンズを通して結像した実像を画素毎の画像信号として出力する。その際、焦点位置の変更に伴って撮像手段より得られる複数枚分の画像信号が画像メモリに格納される。画像処理手段は、前記複数枚の画像信号のうち最も焦点が合っているものを画素毎に判定しこの観察対象の各部に焦点が合った一枚の全焦点画像と、観察対象の立体形状を示す一つの立体数値モデルとのうち、少なくとも何れか一方を生成する。また、検出手段は、前記アクチュエータにより変更される可変焦点レンズの焦点位置を検出し、補正手段は、該検出した可変焦点レンズの焦点位置に基づき、前記複数枚の画像信号を個々に補正する。

【0007】要するに、上記の如く焦点位置を可変とする可変焦点レンズでは、倍率変化に際して同一点の座標がずれたり、光学収差により画像が湾曲したりするといった問題があるが、本発明によれば、可変焦点レンズの焦点位置に基づいて画像信号が適宜補正されるため、倍率変化や光学収差（歪み）に起因する諸問題が解消される。またこの場合、大型で且つ高価なテレセントリックレンズを要することもない。その結果、構成の煩雑化を招くことなく、画像処理の精度を向上させることができる。

【0008】前記補正手段による画像信号の補正としては、

・請求項2に記載したように、画像信号の各画素が持つ座標に可変焦点レンズの倍率の逆数をかけることにより画像信号を補正する。

・請求項3に記載したように、可変焦点レンズの光学特性の変化に伴う収差を予め定量化しておき、該定量化したデータに基づいて画像信号を補正する。といった手法を用いると良い。上記各々の補正手法により、可変焦点レンズの焦点位置に応じて画像信号が座標変換され、倍率変化や光学収差の影響のない画像信号が取得できる。

【0009】本発明を好適に実現する上で、可変焦点レンズ及びアクチュエータが請求項4の如く構成されると良い。すなわち、可変焦点レンズは、表裏の差圧によって曲率が可変な透明弾性膜を有し、この透明弾性膜によって形成される内部空間に透明液体が封入されてなる液

封レンズである一方、アクチュエータは、可変焦点レンズに一体化され、駆動電圧の印加に伴い前記透明液体に圧力を加える圧電アクチュエータである。かかる場合、焦点位置の異なる複数枚の画像信号が高速に得られるため、焦点位置の異なる観察対象の像を高速に取り込む場合に非常に有効となる。

【0010】また、上述した発明は、検出手段により可変焦点レンズの焦点位置を検出し、その検出結果（焦点位置）に基づいて画像信号を補正する旨を説明したが、より具体的な構成として請求項5～7に記載の発明が考えられる。すなわち、

・請求項5の発明では、検出手段は、アクチュエータに印加される駆動電圧を計測する電圧センサであり、補正手段は、電圧センサの計測値に基づいて画像信号を補正する。

・請求項6の発明では、検出手段は、アクチュエータの電荷の注入量及び放電量を計測する電荷量センサであり、補正手段は、電荷量センサの測定値に基づいて画像信号を補正する。

・請求項7の発明では、検出手段は、アクチュエータの変位量を直接計測する変位センサであり、補正手段は、変位センサの測定値に基づいて画像信号を補正する。

【0011】何れの場合にも、アクチュエータの駆動状態に応じて可変焦点レンズの焦点位置を検出することができ、その検出結果に基づく補正により画像処理を精度良く実施することができる。

【0012】また、請求項8に記載の発明では、前記画像処理手段は、焦点位置の異なる複数枚分の画像信号を撮像手段より取り込むためのロジックと、可変焦点レンズの焦点位置に基づき、前記複数枚の画像信号を個々に補正するためのロジックと、補正後の画像信号から焦点の合っている画素を抽出すると共に、その画素が存在する画像信号から観察対象までの距離情報を演算するためのロジックと、前記抽出した焦点の合っている画素から全焦点画像データを再構築するためのロジックと、前記演算した距離情報から立体数値モデルを生成するためのロジックと、を有する。

【0013】本構成によれば、各ロジックを実現することにより、可変焦点レンズの倍率変化や光学収差の影響の無い全焦点画像や立体数値モデルが生成でき、実用性の高い撮像装置が実現できる。

【0014】

【発明の実施の形態】本実施の形態では発明を全焦点撮像装置に具体化しており、本撮像装置では、焦点位置の異なる複数枚の画像信号を取り込むと共にその複数枚の画像信号を適宜合成し、画像表示範囲の全体に焦点が合った全焦点画像を生成することとしている。また加えて、本撮像装置では、前記複数枚の画像信号と観察対象物までの距離情報とに基づいて観察対象物の3次元マップデータ（立体数値モデル）を生成する。以下、その詳

細を図面を用いて説明する。

【0015】図1には本実施の形態における全焦点撮像装置の全体構成を示す。図1において、全焦点撮像装置は、高速焦点調節機構10と、それを駆動する焦点調節駆動回路20と、撮像手段30と、マイコン（マイクロコンピュータ）40と、表示装置としての液晶ディスプレイ50とを有する。

【0016】高速焦点調節機構10は主要な構成として、観察対象物に対する焦点位置が可変である可変焦点レンズ11と、可変焦点レンズ11の焦点位置（合焦点面Fの位置）を変更する複数の圧電アクチュエータ12と、固定レンズ13とを備え、それらが一体に組み付けられている。

【0017】ここで、可変焦点レンズ11は、表裏の差圧によって曲率が可変な一對の透明弾性膜11a、11bを備え、この透明弾性膜11a、11b間の内部空間11cに透明液体が封入されてなる液封レンズである。また、圧電アクチュエータ12は、前記透明弾性膜11aの周縁部に等間隔で配設され、それぞれ複数の圧電素子（バイモルフ素子）12aが積層されてなる。前記複数の圧電素子12aはその外周部がケース12bに固定され、中心部が出力軸12cに固定されている。そして、複数の圧電アクチュエータ12が同時に駆動されて出力軸12cが往復運動すると、透明液体の圧力変化により透明弾性膜11a、11bの曲率が変化し、可変焦点レンズ11の焦点位置（倍率）が変わる。

【0018】この可変焦点レンズ11は、レンズ形状を変えて焦点位置を高速で変化させることができるので、焦点位置の異なる観察物の像を高速で取り込む場合に非常に有効となる。なお、高速焦点調節機構10の構成は、前述の特開平9-230252号公報等にも詳細に記載されており、その構成が本実施の形態において適用できる。

【0019】焦点調節駆動回路20は、圧電アクチュエータ12に適正な電圧を印加して前記複数の圧電素子12aを変位させ、全ての圧電アクチュエータ12を同期して駆動する。この焦点調節駆動回路20により圧電アクチュエータ12が駆動される時、圧電アクチュエータ12の駆動状態に応じて可変焦点レンズ11の焦点位置が変化する。可変焦点レンズ11の焦点位置はセンサ25により検出される。圧電アクチュエータ12の駆動の周期、すなわち可変焦点レンズ11の焦点位置が変化する周期は、リアルタイムに全焦点画像又は3次元マップが得られる周期であれば良く、例えば1/30秒毎に1枚の全焦点画像を生成する装置では、その1/30秒以内に、焦点位置の異なる所望の枚数の画像信号が取得できるよう圧電アクチュエータ12が高速に駆動される。実際には、圧電アクチュエータ12は数100Hzの振動数で駆動され、このとき、焦点位置は数マイクロ秒～数10マイクロ秒毎に少しずつ変更される。

【0020】センサ25は、可変焦点レンズ11の焦点位置が検出できれば如何なる構成であっても良いが、本実施の形態では以下の（1）～（3）の何れかの構成を採用する。すなわち、

（1）センサ25として電圧センサを設ける。この場合、焦点調節駆動回路20から圧電アクチュエータ12に印加される電圧を電圧センサで計測することにより、可変焦点レンズ11の焦点位置を検出する。

（2）センサ25として電荷量センサを設ける。この場合、圧電アクチュエータ12の電荷の注入量及び放電量を電荷量センサで計測することにより、可変焦点レンズ11の焦点位置を検出する。

（3）センサ25として変位センサを設ける。この場合、圧電アクチュエータ12の変位量を変位センサで直接計測することにより、可変焦点レンズ11の焦点位置を検出する。なお、アクチュエータ変位量を直接計測するための上記（3）の構成は、本願出願人により出願済みの特開平10-246198号に詳細に記載されており、その概略として、圧電アクチュエータ12に歪み検出部を内蔵してアクチュエータ駆動時の歪み量（湾曲量）を検出し、その歪み量を変位量に換算する。

【0021】要するに、可変焦点レンズ11の焦点位置は同レンズ11のレンズ形状で決まり、そのレンズ形状は圧電アクチュエータ12の変位量で決まる。上記

（1）～（3）のセンサは何れも間接的又は直接的にレンズ形状を計測するものであるから、その計測により可変焦点レンズ11の焦点位置を検出することができる。

【0022】因みに、上記（1）の電圧センサでは安価であるというメリットがある。また、（2）の電荷量センサ及び（3）の変位センサでは、圧電アクチュエータ12の変位量を正確に検出でき、3次元マップを構築する際の奥行き方向の精度が向上するというメリットがある。つまりこの場合、上記（1）～（3）の各センサを比べれば、（3）→（2）→（1）の順にコストが安くなる反面、（1）→（2）→（3）の順に焦点位置（アクチュエータ変位量）の検出精度が上がる。

【0023】撮像手段30は、固体撮像素子31と撮像素子駆動回路32とから構成され、可変焦点レンズ11を通して結像した画像を画素毎の画像信号として出力する機能を持つ。固体撮像素子31の画像面は、高速焦点調節機構10に対して、可変焦点レンズ11及び固定レンズ13を通して観察対象物が結像する位置に固定されている。固体撮像素子31としては、CCDイメージセンサ、CMOSイメージセンサ、CMDイメージセンサなどが用いられる。特にビデオレート以上で画像データを出力できる高速駆動型のイメージセンサを用いれば、リアルタイム表示が可能な短い時間で全焦点画像並びに3次元マップが生成できる。

【0024】マイコン40は、撮像手段30からの画像信号を複数枚分に渡って格納可能な画像メモリ41と、

これら複数枚分の画像信号に基づく画像処理を実施すると共に、全焦点撮像装置全体を制御するCPU42とを備える。画像メモリ41はフレームメモリであって、画像信号を一枚ずつまとめて高速に入出力することができる。

【0025】CPU42は、焦点調節駆動回路20、撮像手段30、画像メモリ41及び液晶ディスプレイ50を適正に同期させて制御する機能を持つ。また、CPU42は、焦点調節駆動回路20を介して圧電アクチュエータ12の駆動を制御し、その際得られた複数枚分の画像信号のうち最も焦点が合っているものを画素毎に判定して抽出し一枚の全焦点画像を生成すると共に、各画素の平面位置情報とその画素が存在する観察対象物までの距離情報とに基づいて3次元マップデータ（3次元立体数値モデル）を生成する。

【0026】液晶ディスプレイ50は、画像データを表示するための表示装置であり、マイコン40内のCPU42により提供される3次元マップ及び全焦点画像を表示する。

【0027】図2は、全焦点撮像装置について機能毎にブロック化して示す図面であり、図2を用い各機能を説明する。特にマイコン40内のCPU42により実現される画像処理部の構成について詳細に説明する。

【0028】画像処理部において、撮像光学系の固体撮像素子31にて撮像された画像データが画像データ取り込みロジック部43に取り込まれる。このとき、画像データ取り込みロジック部43は、焦点調節駆動回路20に対して焦点位置を順次変更する旨の制御信号を出力すると共に、センサ25より入力される焦点位置情報に基づき、画像データ毎に焦点位置と対応させながら画像データを画像メモリ41に順次格納する。つまり、この画像データ取り込みロジック部43では、焦点調節駆動回路20に同期して、焦点位置の異なる複数枚の画像データが取り込まれる。

【0029】画像データ補正ロジック部44は、前記の如く取り込まれ画像メモリ41に格納された画像データについて、撮像光学系に起因する画像の倍率変化や光学的な収差の補正を行い、補正後の画像データを再び画像メモリ41に格納する。但し、画像データ補正の詳細は後述する。

【0030】また、全焦点演算ロジック部45は、画像メモリ41に格納されている多数の画像データを用い、焦点位置の異なる複数の画像データ（補正後の画像データ）から焦点の合っている画素を抽出すると共に、その画素が存在する画像データから観察対象物までの距離情報を演算する。このとき、同ロジック部45は、各画素における輝度値と焦点位置との相関関係に基づいて合焦点の判定を行う。この合焦点判定についても後述する。なお、前記距離情報の演算は、画像データが持つ焦点位置情報を参照して行われると良い。

【0031】3次元マップ生成ロジック部46は、観察対象物までの距離情報に基づいて、観察対象物の立体数値モデルとして3次元マップデータを生成する。例えば、3次元情報を等高線で表す等の処理を行う。そして、その3次元マップデータを表示装置（液晶ディスプレイ50）に表示させる。

【0032】また、画像データ再構築ロジック部47は、全焦点演算ロジック部45において全ての画素について合焦点判定が完了すると、新たに一枚の全焦点画像（観察対象物の全ての部分に焦点が合った画像）を再構築する。そして、その全焦点画像を表示装置（液晶ディスプレイ50）に表示させる。

【0033】次いで、画像データ補正ロジック部44での補正内容として倍率変化に関する補正について図3を用いて説明する。なお、図3は、観察対象物までの焦点距離が変更される時の画像の倍率変化の様子を示す。図3の(a)、(b)、(c)は焦点距離が長、中間、短である場合をそれぞれ示し、このうち(b)を基準にして(a)は低倍率、(c)は高倍率であるとする。

【0034】すなわち、図3(a)のように、焦点距離が長くなった場合には倍率が低くなり、逆に図3(c)のように、焦点距離が短くなった場合には倍率が高くなる。この場合、画像データ補正ロジック部44では、センサ25より得られる焦点位置情報に基づいて可変焦点レンズ11の倍率を認識し、画像データの個々の画素が持つ座標に可変焦点レンズ11の倍率の逆数をかけて画像データを補正する。これにより、観察対象物が固体撮像素子31上にどのような倍率で結像しているかに応じて画像データが補正され、常に同じ倍率で観察対象物が画像データとして得られるようになる。

【0035】また、本撮像装置の撮像光学系（可変焦点レンズ11）では、図4に示すような光学収差が生じると考えられる。そこで、画像データ補正ロジック部44では、撮像光学系が発生する光学収差を焦点位置などのパラメータに基づき予め定量化しておき、前記定量化したデータに基づいて画像データを補正する。つまり、同補正では、可変焦点レンズ11の焦点位置の変化に伴う光学収差が低減されるように各画素の座標が変換される。図4においては、撮像光学系を通じて画像データを取得する際、光学収差により画像データがひずむが、その後、画像データ補正ロジック部44での補正によりひずみが解消される様子を示している。

【0036】次に、全焦点演算ロジック部45における合焦点画素の抽出方法を説明する。本実施の形態の装置では、同一画素の輝度値変化を2枚以上の画像フレーム間で比較する全焦点判別アルゴリズムを用いる。なお、この詳細は前述の特願平11-300467号に記載されている。

【0037】要するに、観察対象物上の白黒の模様を撮影した場合、白と黒との境界近傍の画素においては焦点



位置の変化に伴って輝度値に極値（最大値及び最小値）が現れる。そこで、同一 $xy$ 座標にある画素の輝度値の最大値と最小値とを抽出し、更に、その位置での輝度値の1次微分値を取ることで、極値を検出して焦点位置を判別する。但し、境界近傍の画素においては、焦点位置と輝度値の極値との相関が不明瞭であるため、本実施の形態では、輝度値の最大値を取った場合に焦点位置として判別する。

【0038】合焦点判定のアルゴリズムを図5のフローチャートで簡単に説明すれば、まずは、画像メモリ41に格納済みの焦点位置が互いに異なる複数枚の画像から、同一座標にある画素の輝度値をサンプリングする（ステップS1）。次に、輝度値の最小値（Min）と最大値（Max）とを抽出し（ステップS2）、その後、最大値の焦点位置と最小値の焦点位置とで輝度値の差分値の符号が反転しているか否かを判別する（ステップS3）。

【0039】最大値と最小値とのうち一方だけで輝度値の差分値が正負反転している場合、正のピークか負のピークかのうち一方だけが形成されていると判断できる。それ故、A判定がなされ、輝度値のピークが形成されている焦点位置をもって合焦点とする（ステップS4）。

【0040】また逆に、最大値と最小値との両方で輝度値の差分値が正負反転している場合、正のピークと負のピークとが両方とも形成されていると判断できる。それ故、B判定がなされ、負のピークは除外され、輝度値が正のピークを形成している焦点位置をもって合焦点とする（ステップS5）。なお、ステップS5では、正のピークを除外しても良く、要するに正負の両ピークのうち一方に合焦点位置があると判断する。

【0041】こうして簡易な判定を行うと、図6に示すように、正負の両ピークがある旨のB判定がなされた場合には、合焦点が誤判定される場合（図中にNGと表記）がありうる。しかしながら、発明者らが実験を重ねて得た見地によれば、合焦点判定に誤判定が出た場合でも、多くの場合には合焦点位置はその近くにあり、大きな誤差は生じない。

【0042】以上詳述した本実施の形態によれば、以下に示す効果が得られる。

（イ）可変焦点レンズ11の焦点位置を検出し、その検出結果に基づいて画像信号を補正するので、倍率変化に際して同一点の画素の座標がずれたり、光学収差により画像が湾曲したりするといった従来の諸問題が解消される。またこの場合、大型で且つ高価なテレセントリックレンズを要することもない。その結果、構成の煩雑化を招くことなく、画像処理の精度を向上させることができる。特に本実施の形態の装置では、高精度な全焦点画像と3次元マップが同時に生成できる。これにより、顕微鏡のような被写界深度の浅い光学系において全焦点画像を精度良く得ることができる。また、観察対象物までの

距離や形状を認識することができるため、ロボットのビジョンなどに応用することが可能となる。

【0043】（ロ）画像信号の補正内容として、

・可変焦点レンズ11の倍率の逆数をかけることにより画像信号を補正する、

・予め定量化しておいた光学収差データに基づいて画像信号を補正する、

といった手法を用いることにより、可変焦点レンズ11の焦点位置に応じて画像信号が座標変換され、倍率変化や光学収差の影響のない画像信号が取得できる。

【0044】（ハ）可変焦点レンズ11及び圧電アクチュエータ12を一体化した高速焦点調節機構10を用いることにより、焦点位置の異なる複数枚の画像信号を高速に得ることができる。

【0045】（ニ）可変焦点レンズ11の焦点位置を検出するためのセンサ25として、電圧センサ、電荷量センサ、変位センサの何れかを用了ので、圧電アクチュエータ12の駆動状態に応じて可変焦点レンズ11の焦点位置を適正に検出することができ、その検出結果に基づく補正により画像処理を精度良く実施することができる。なお、何れのセンサを用いるかは、本撮像装置を構築する上でのコスト上の観点、又は要求精度の観点から決定すれば良い。

【0046】（ホ）複数の焦点位置で得た画像データ群について、同一 $xy$ 座標にある1画素同士の輝度データに基づき焦点位置を判定するようにした。すなわち、それぞれの画素についてその周囲の画素との相関関係を省みることなく、当該画素単独で輝度の変化を観測した。これにより、合焦点画素の判定に要する演算負荷が極めて小さくなり、高速での焦点位置判定が可能となる。それ故、画像表示のリアルタイム性が向上する。

【0047】なお本発明は、上記以外に次の形態にて具体化できる。上記実施の形態では、電圧センサ、電荷量センサ又は変位センサの何れかからなるセンサ25を用い、センサ検出値から可変焦点レンズ11の焦点位置を検出したが、この構成を変更する。例えば、可変焦点レンズ11の内部空間11cの圧力（透明液体の圧力）を圧力センサにて計測し、この計測値から可変焦点レンズ11の焦点位置を検出しても良い。或いは、焦点調節駆動回路20が圧電アクチュエータ12に inputsする駆動信号をCPU42内で読み取り、それにより可変焦点レンズ11の焦点位置を検出（算出）しても良い。この場合、圧力センサ又はCPU42が検出手段に該当する。

【0048】また、可変焦点レンズとしては、上記の如く一対の透明弾性膜11a、11bを有する液封レンズに限定されない。また、アクチュエータも上記構成に限定されない。何れにしても、観察対象物に対する焦点位置が可変である可変焦点レンズと、その焦点位置を高速で変更することが可能なアクチュエータとを用いる構成であれば本発明として適用できる。

【0049】上記実施の形態では、全焦点画像と3次元マップデータ（立体数値モデル）との両方を生成し、表示装置に表示させる構成としたが、これを変更し、全焦点画像と3次元マップデータ（立体数値モデル）とのうち、何れか一方のみを生成し表示する撮像装置として本発明を具体化しても良い。

【0050】上述した合焦点判定方法とは異なる他の判定方法として、取り込んだ画像信号をライン状或いはエリア状の微小領域に分割し、同一微小領域に対するコントラスト値を2枚以上の画像フレーム間で比較し、コントラスト値の最大の画素データを選択する方法も可能である。微小領域のコントラスト値は、従来から一般的に用いられている方法、例えば、画像データの輝度値を輝度分散法、輝度振幅法、エントロピ法、DCT法、或いはそれらを組み合わせた手法でコントラスト値に変換することにより得ることができる。

【0051】一方、3次元マップの精度を向上する方法として、図2において全焦点演算ロジック部45と3次元マップ生成ロジック部46との間に、高周波成分を除去するためのノイズ除去フィルタを挿入しても良い。ノイズ除去フィルタの形態としては、観察対象物の端部のようなコントラストが急変する部分でノイズが発生しやすいので、全焦点演算ロジック部45の3次元マップデータを空間周波数成分に変換し、ノイズを多く含む高周波成分のみを除去した後、再び3次元マップデータに戻すフィルタが有効である。時間領域の3次元マップデータを空間周波数領域のデータに変換する方法は、離散コサイン変換法、フーリエ変換法、離散サイン変換法の何れの方法でも良い。

【0052】他のノイズ除去フィルタの構成としては、全焦点演算ロジック部45が出力する3次元マップデータに対して「移動平均」又は「全平均」をとることにより、ノイズを多く含む高周波成分を除去するフィルタや、全焦点演算ロジック部45が出力する3次元マップデータをライン状、又はエリア状の微小領域に分割し、各微小領域の全ての3次元マップデータを、その微小領域内で最も発生頻度の高い3次元マップデータに置き換えることによりノイズを除去する「多数決型」のフィルタを使用することもできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】発明の実施の形態における全焦点撮像装置の概要を示す構成図。

【図2】全焦点撮像装置を機能毎に示すブロック図。

【図3】撮像光学系の倍率変化の補正について説明する図。

【図4】撮像光学系の光学収差の補正について説明する図。

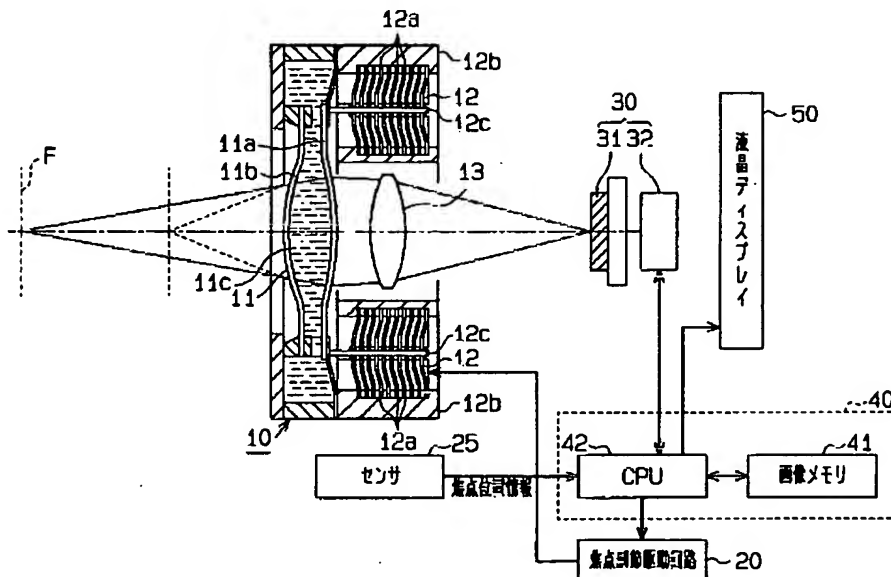
【図5】合焦点判定のアルゴリズムを示すフローチャート。

【図6】合焦点判定の結果を示す一覧図。

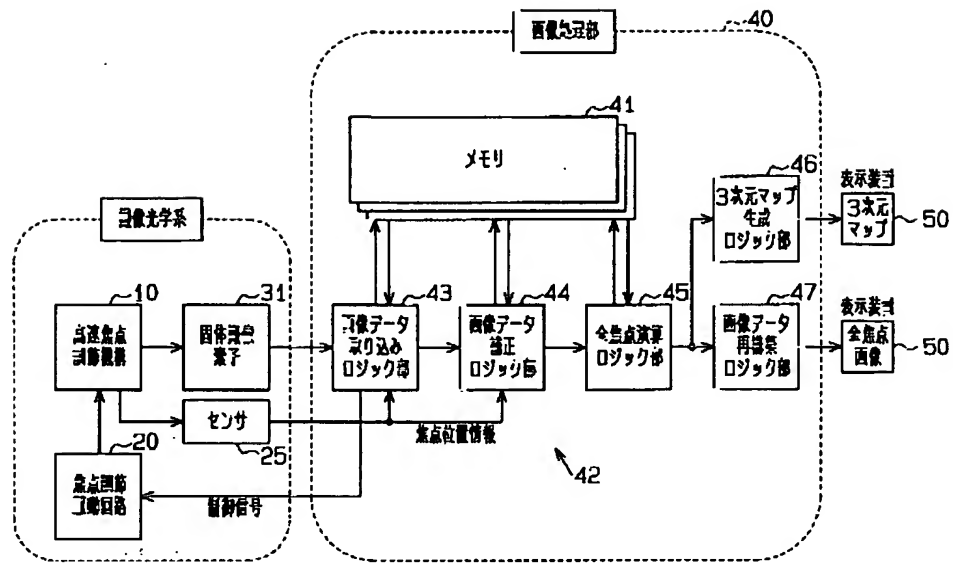
【符号の説明】

10…高速焦点調節機構、11…可変焦点レンズ、11a、11b…透明弾性膜、11c…内部空間、12…圧電アクチュエータ、20…焦点調節駆動回路、25…センサ、30…撮像手段、40…マイコン、41…画像メモリ、42…画像処理手段及び補正手段としてのCPU。

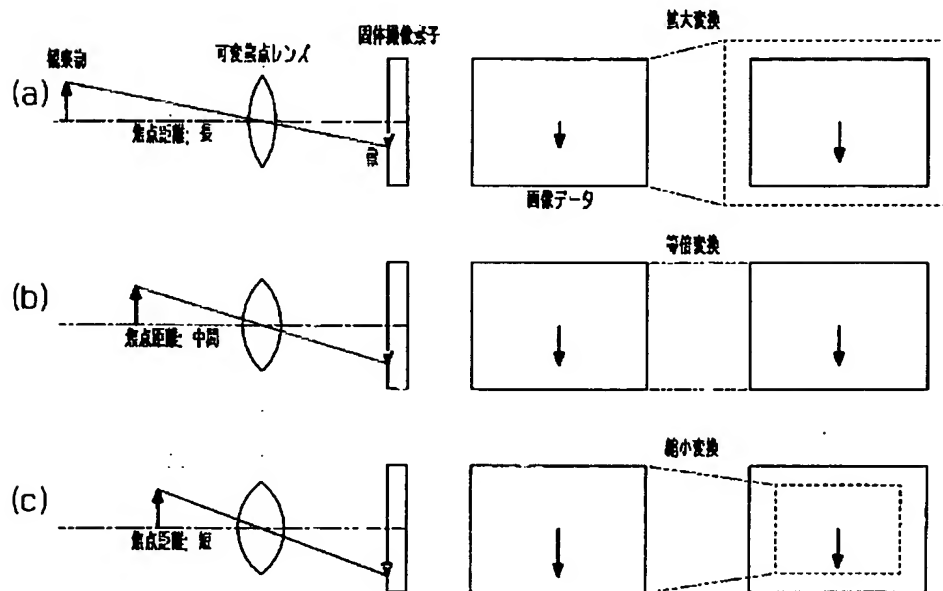
【図1】



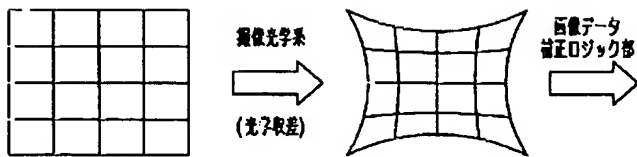
【図2】



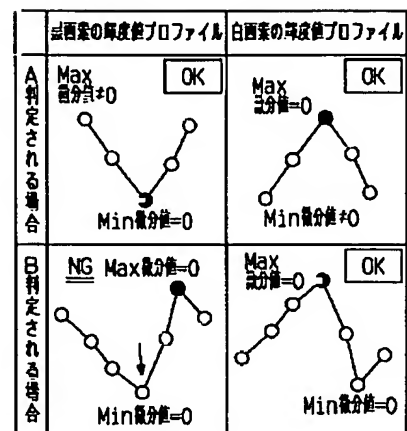
【図3】



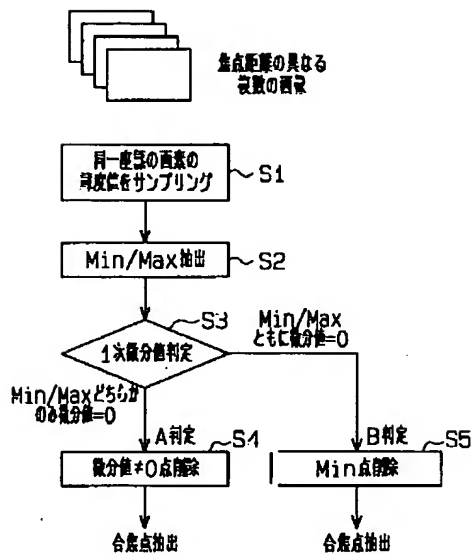
【図4】



【図6】



【図5】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

(参考)

H 0 4 N 5/262

H 0 4 N 13/02

13/02

G 0 2 B 7/11

D

Fターム(参考) 2H051 BA41 FA07 FA09 FA60

5C022 AA01 AA13 AB44 AB68 AC03

AC42 AC54 AC69

5C023 AA02 AA10 AA11 AA37 AA38

BA11

5C061 AB02 AB06 AB17